



# AUSLEGESCHRIFT 1 095 021

S 33785 VIIIa/42s

ANMELDETAG: 10. JUNI 1953

BEKANNTMACHUNG  
DER ANMELDUNG  
UND AUSGABE DER

AUSLEGESCHRIFT: 15. DEZEMBER 1960

1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erzeugen von scharf begrenzten Ultraschallwellenzügen mit einem elektromechanischen Wandler.

Die üblichen Wellenzüge, die mit einem elektromechanischen Wandler, wie beispielsweise einem piezoelektrischen Quarzkristall, erzeugt werden, sind durch exponentiellen Amplitudenabfall gekennzeichnet. In vielen Anwendungsfällen ist es in hohem Maße erwünscht, daß diese von dem Wandler erzeugten mechanischen Vibrationen nach einer gewünschten Anzahl Schwingungen plötzlich unterbrochen werden. Beispielsweise ergibt sich bei Untersuchung von Gegenständen dadurch, daß Ultraschallenergie in den Gegenstand hineingeschickt und das Zeitintervall zwischen dem Hineinsenden der Energie und dem Empfang ihrer Reflexion von der ersten innerhalb des Gegenstandes befindlichen Reflexionsfläche gemessen wird, daß es, falls nicht der von dem Ultraschallerzeuger hervorgerufene Wellenzug kurz und scharf abgeschnitten ist, nicht möglich ist, den dicht an der Eintrittsfläche liegenden Bereich des Gegenstandes zu kontrollieren. Dies ist dadurch bedingt, daß im Falle eines relativ langen Wellenzuges die Reflexion des Anfangsteiles des Wellenzuges von einer Reflexionsfläche in der Nähe der Eintrittsfläche des Gegenstandes aufgenommen wird, bevor das Hineinsenden des restlichen Teiles des Wellenzuges beendet ist. Im Laufe der Bemühungen zur Erzielung des obigen Ergebnisses wurden bisher mehrere Verfahren angewandt. Eines dieser bekannten Verfahren bedient sich der mechanischen Belastung der Stirnflächen des Kristalls, wobei aber die Schwingungen nicht schnell genug unterbunden werden.

Ein anderes bekanntes Verfahren besteht darin, einen kritisch gedämpften elektrischen, zur Erregung dienenden Wellenzug an den Ultraschallerzeugerkristall anzulegen. Dies ergibt eine plötzliche elektrische Erregung des Kristalls für eine kurze Zeitdauer, veranlaßt aber trotzdem den Kristall, nach dieser Erregung eine exponentiell abfallende Vibration zu erzeugen, obgleich die Dauer dieser Vibration vermindert ist.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung einer verbesserten Vorrichtung der obigen Art, bei der die von der aussendenden Fläche des Quarzkristalls erzeugte Vibration nach einer gewünschten Anzahl Schwingungen, die beliebig vorher bestimmt werden kann, beendet wird.

Dies wird erfindungsgemäß durch eine Schaltung erreicht, die dem Wandler zeitlich verzögert gegenüber dem ersten Spannungsimpuls einen zweiten Spannungsimpuls solcher Art zuführt, daß die von dem zweiten Spannungsimpuls erzeugten Schwingungen des Wandlerkörpers jeweils entgegengesetzt

## Vorrichtung zum Erzeugen von scharf begrenzten Ultraschallwellenzügen mit einem elektromechanischen Wandler

Anmelder:

Sperry Products, Inc.,  
Danbury, Conn. (V. St. A.)

Vertreter: Dr.-Ing. H. Ruschke, Berlin-Friedenau,  
und Dipl.-Ing. K. Grentzenberg,  
München 27, Pienzenauer Str. 2, Patentanwälte

Beanspruchte Priorität:  
V. St. v. Amerika vom 12. Juni 1952

Howard Everett van Valkenburg, Danbury, Conn.,  
und Edward George Cook, Hannan Stratford, Conn.  
(V. St. A.),  
sind als Erfinder genannt worden

2

gleich den von dem ersten Spannungsimpuls hervorgerufenen mechanischen Schwingungen sind. Es sind zwei gleiche Spannungsimpulserzeuger und eine Verzögerungseinrichtung für die Auslösung des zweiten Spannungsimpulserzeugers vorgesehen. Vorteilhaft befinden sich an dem elektromagnetischen Wandler zwei Elektrodensysteme, die je mit einem der beiden Spannungsimpulserzeuger verbunden sind.

In einer bekannten Anordnung wird der elektrische Wellenzug durch Verwendung einer Dämpfungsröhre beendet. Dies bewirkt jedoch nicht, daß der Wandler plötzlich zum Stillstand kommt, sondern dieser schwingt weiter und erzeugt einen abfallenden akustischen Wellenzug. Die Erzeugung zweier verschiedener Impulse und deren unabhängige Zuführung zu den Kristallelektroden ist nicht möglich, da die Dämpfungsröhre an ihrer Anode ein positives Signal von mehreren Volt Spannung erhalten müßte, um als Triode

BEST AVAILABLE COPY

arbeiten zu können, was jedoch bei dem negativen Teil des elektrischen Wellenzugzyklus ausgeschlossen ist.

Die Erfindung wird an Hand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 eine der Fig. 1 ähnliche Ansicht, die aber die Verdrahtung im einzelnen darstellt,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer abgeänderten Ausführungsform nach Fig. 2 der Erfindung,

Fig. 4A, 4B und 4C eine Reihe Diagramme, die das Prinzip der Erfindung veranschaulichen.

Mit Bezug auf Fig. 4A erkennt man, daß der von dem Ultraschallerzeuger erzeugte typische Wellenzug  $P1$  durch einen exponentiellen Abfall gekennzeichnet ist, bei dem die Schwingungsamplitude der Vibration von einem Maximum auf Null in einem Zeitintervall  $t_1$  bis  $t_2$  allmählich abnimmt. Diese Schwingungsart ergibt sich normalerweise, wenn ein Quarzkristall von einem kurzen elektrischen Wellenzug erregt wird. Wie in der Einleitung der Beschreibung festgestellt wurde, sendet der Quarzkristall 10 die mechanischen Vibrationen entsprechend den Schwingungen eines solchen Wellenzuges in einen Gegenstand 11, mit dem der Kristall in Berührung ist. Der Wellenzug pflanzt sich in dem Gegenstand 11 fort, bis er auf eine reflektierende Fläche trifft, die entweder die Rückfläche 12 oder eine innere Reflexionsfläche, wie beispielsweise der Fehler  $D$  (Fig. 2) sein kann, worauf der Wellenzug zu dem Kristall zurückkehrt. Man erkennt, daß im Falle einer verhältnismäßig langen Dauer des hineingesandten Wellenzuges die Reflexionen von einer Reflexionsfläche, wie beispielsweise  $D$ , in der Nähe der Eintrittsfläche 15 zurückzukommen beginnen, bevor der hineingesandte Wellenzug an dem Kristall geendet hat. Dies macht es schwierig, zurückkehrende Reflexionen zu beobachten, so daß ein Instrument, wie beispielsweise das Ultraschallreflektoskop, das von der Anzeige der Zeitdauer zwischen dem Hineinsenden und dem Empfang eines Wellenzuges abhängt, nicht wirksam arbeiten kann, um solche Fehler zu ermitteln. Es ist deshalb erwünscht, daß der ausgesandte Wellenzug so kurz wie möglich ist, während er gleichzeitig Schwingungen aufweist, deren Amplitude ausreicht, die erforderliche Leistung zur Durchquerung des Gegenstandes zu entwickeln.

Zur Lösung der obigen Aufgabe ist die Schaffung einer Anlage zweckmäßig, die nach einer kurzen Zeitdauer  $t_1$  bis  $t_2$  weitere Schwingungen der aussendenden Kristallfläche beseitigt, wie in Fig. 4C dargestellt ist. Ein Verfahren zur Erzielung dieses Ergebnisses würde darin bestehen, auf den Kristall eine elektrische Erregung anzuwenden, die bestrebt sein würde, die aussendende Kristallfläche in einer Richtung zu vibrieren, die zu der Richtung entgegengesetzt ist, in der die Kristallfläche durch den ursprünglichen elektrischen Wellenzug zur Zeit  $t_2$  vibriert wird. Ein solcher elektrischer Impuls würde bewirken, daß der Ultraschallerzeuger eine Schwingung  $P2$  erzeugt, wie in Fig. 4B dargestellt ist, wobei man erkennt, daß der auf den Kristall einwirkende Wellenzug bestrebt ist, beispielsweise eine Periode 16 zu erzeugen, die in der Form gleich und im Vorzeichen entgegengesetzt der Periode 17 ist, die vorher von der aussendenden Kristallfläche erzeugt wurde. Da der Impuls  $B$  die aussendende Kristallfläche mit einer Kraft zu vibrieren sucht, die gleich und entgegengesetzt der Kraft ist, mit welcher der erregende Wellenzug  $A$  diese Kristallfläche, be-

ginnend mit der Zeit  $t_2$ , zu vibrieren bestrebt ist, erkennt man, daß jede weitere Tendenz der aussendenden Kristallfläche, nach der Zeit  $t_2$  zu vibrieren, im wesentlichen beseitigt ist. Das Problem besteht deshalb darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, wodurch nach einem Zeitintervall  $t_1$  bis  $t_2$  ein Wellenzug auf den Kristall einwirkt, der die aussendende Kristallfläche mit gleicher Größe, aber entgegengesetzter Richtung zu vibrieren sucht, bezogen auf das Bestreben der Kristallfläche, ansprechend auf den Wellenzug zu vibrieren, der vorher an den Kristall zum Zeitpunkt  $t_1$  angelegt wurde.

Um das vorstehende Ergebnis zu erreichen, wird die Anordnung vorgeschlagen, die in Blockform in Fig. 1 und im einzelnen in Fig. 2 dargestellt ist. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung wird ein Multivibrator 20 von einer geeigneten Quelle (hier mit 300 Volt dargestellt) gespeist, und der auf diese Weise erzeugte Wellenzug wird an die Gitter der beiden normalerweise leitenden Relaisröhren 21 und 21' angelegt. Die Ausgänge der Relaisröhren werden durch Differentiationsglieder 22 und 22' in den Gitterkreisen von zwei Kathodenverstärkern 25 und 25' differenziert, die sich ihrerseits in den Gitterkreisen von zwei Gastrioden  $T$  und  $T'$  der Impulsgeneratoren  $P$  und  $P'$  befinden. Jeder Differentiator besteht aus einem Kondensator 13, 13' und einem Widerstand 14, 14', und nur die positiven Impulsausgänge der Differentiatoren sind in der Lage, die Kathodenverstärker- und Thyatronröhren auszulösen. Der Differentiatorausgang in dem Stromkreis des Hilfsthyratrons  $T'$  wirkt über ein Zeitverzögerungsglied, das aus einem Kondensator 26 und einem Widerstand 27 bestehen kann, von denen ein Bestandteil einstellbar ist. Mittels dieses Zeitverzögerungsgliedes kann die Auslösung des Hilfsthyratrons um eine beliebige gewünschte Zeitdauer  $t_1$  bis  $t_2$  nach der Entladung des Thyratrons  $T$  verzögert werden.

Wenn das Hauptthyatron  $T$  zündet, wird ermöglicht, daß der Kondensator 30 über einen Impulsformungskreis 31 entladen wird, dessen Ausgang an eine Verstärkerröhre 32 angelegt ist, deren Ausgang an dem Kristall 10 liegt. Dieser Wellenzug versetzt die aussendende Kristallfläche in Vibration, um sie zur Aussendung eines mechanischen Wellenzuges in den Gegenstand 11 zu veranlassen, wobei dieser Wellenzug nach Art der in Fig. 4A dargestellten Exponentialabfallform  $P$  verläuft. Nach einer Zeitverzögerungseinstellung entsprechend dem Zeitintervall  $t_1$  bis  $t_2$ , wie vorher beschrieben, zündet das Hilfsthyratron  $T'$ , so daß sich ein Kondensator 30' in den Impulsformungskreis 31' entladen kann, dessen Ausgang an die Verstärkerröhre 32' angeschlossen ist, von deren Ausgang der Wellenzug an die aussendende Fläche des Kristalls 10 angelegt wird. Die Ausgänge der beiden Röhren 32 und 32' sind bei 33 verbunden und dienen deshalb dazu, die Impulsformungskreise voneinander zu isolieren, so daß jeder Impulsformungskreis unabhängig auf den Kristall 10 wirken kann, ohne den anderen Impulsformungskreis zu beeinflussen. Die beiden so geschalteten Röhren 32 und 32' dienen als Impulstrennungskreise, so daß jeder Wellenzug unabhängig von dem anderen auf die aussendende Kristallfläche wirken kann.

Da die Erzeugung des mechanischen Wellenzuges  $P2$  nur nach einem Zeitintervall  $t_1$  bis  $t_2$  beginnt, erkennt man, daß die Vibration der aussendenden Kristallfläche unterbrochen wird, falls dieser Wellenzug in derselben Form, aber mit entgegengesetzter Phase, bezogen auf den Wellenzug, ausgebildet werden kann, der von der aussendenden Kristallfläche zu

dem besonderen Zeitpunkt erzeugt. Deshalb ist der Impulsformungskreis 31' mit einer Induktivität 35, einem einstellbaren Widerstand 36 und einem einstellbaren Kondensator 37 versehen, durch welche die Einstellungen der Frequenz und der Wellenform des elektrischen Impulses gesteuert werden können, um jede beliebige Form mechanischer Impulse zu schaffen, die erforderlich ist, um der Schwingung gleich und entgegengesetzt zu sein, die an der aussendenden Kristallfläche auf Grund des elektrischen Impulses  $T$  zu diesem besonderen Zeitpunkt vorhanden ist. Auf diese Weise kann dadurch, daß zwei getrennte elektrische Impulse auf die aussendende Kristallfläche nach einer Zeitverzögerung angewandt werden und der letztgenannte Impuls so geformt ist, daß die von der aussendenden Kristallfläche erzeugte Welle gleich und entgegengesetzt der Schwingung der Kristallfläche als Ergebnis des ersten elektrischen Impulses ist, die Kristallfläche zu vollständigem Stillstand gebracht werden.

Bei einer abgeänderten, in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform der Erfindung kann dasselbe Ergebnis dadurch erreicht werden, daß der gesamte Stromkreis nach den Punkten  $A$  und  $B$  in Fig. 2 weggenommen wird und die Ausgänge der Formungskreise direkt an unabhängige und getrennte Erregungselektroden 40 und 41 des einzelnen Kristalls 10 angelegt werden. Durch diese Abänderung fällt die Notwendigkeit zur Anwendung getrennter Röhren 32 und 32' weg, und es wird dasselbe Ergebnis der vollständigen Trennung

der beiden elektrischen Wellenzüge, die auf die aussendende Kristallfläche wirken, erreicht.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Vorrichtung zum Erzeugen von scharf begrenzten Ultraschallwellenzügen mit einem elektromechanischen Wandler, gekennzeichnet durch eine Schaltung, die dem Wandler zeitlich verzögert gegenüber dem ersten Spannungsimpuls einen zweiten Spannungsimpuls solcher Art zuführt, daß die von dem zweiten Spannungsimpuls erzeugten Schwingungen des Wandlerkörpers jeweils entgegengesetzt gleich den von dem ersten Spannungsimpuls herrührenden mechanischen Schwingungen sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch zwei gleiche Spannungsimpulserzeuger und eine Verzögerungseinrichtung für die Auslösung des zweiten Spannungsimpulserzeugers.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß am elektromechanischen Wandler zwei Elektrodensysteme vorgesehen sind, die je mit einem der beiden Spannungsimpulserzeuger verbunden sind.

In Betracht gezogene Druckschriften:

USA.-Patentschrift Nr. 2 562 450;

»Journal of the acoustical Society of America«, Bd. 18, S. 200-201, 1946.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY

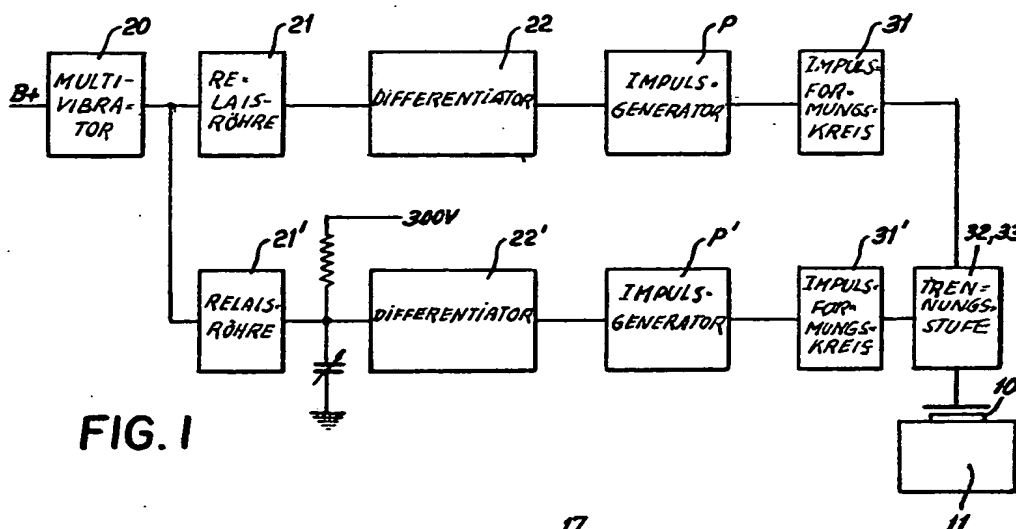
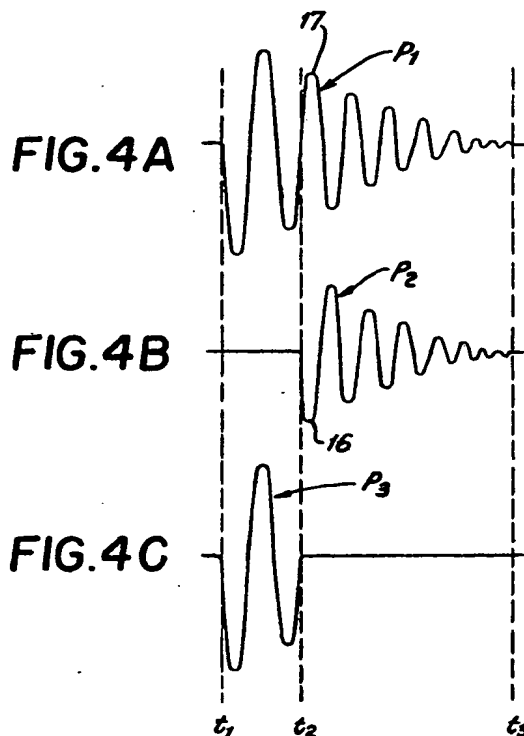
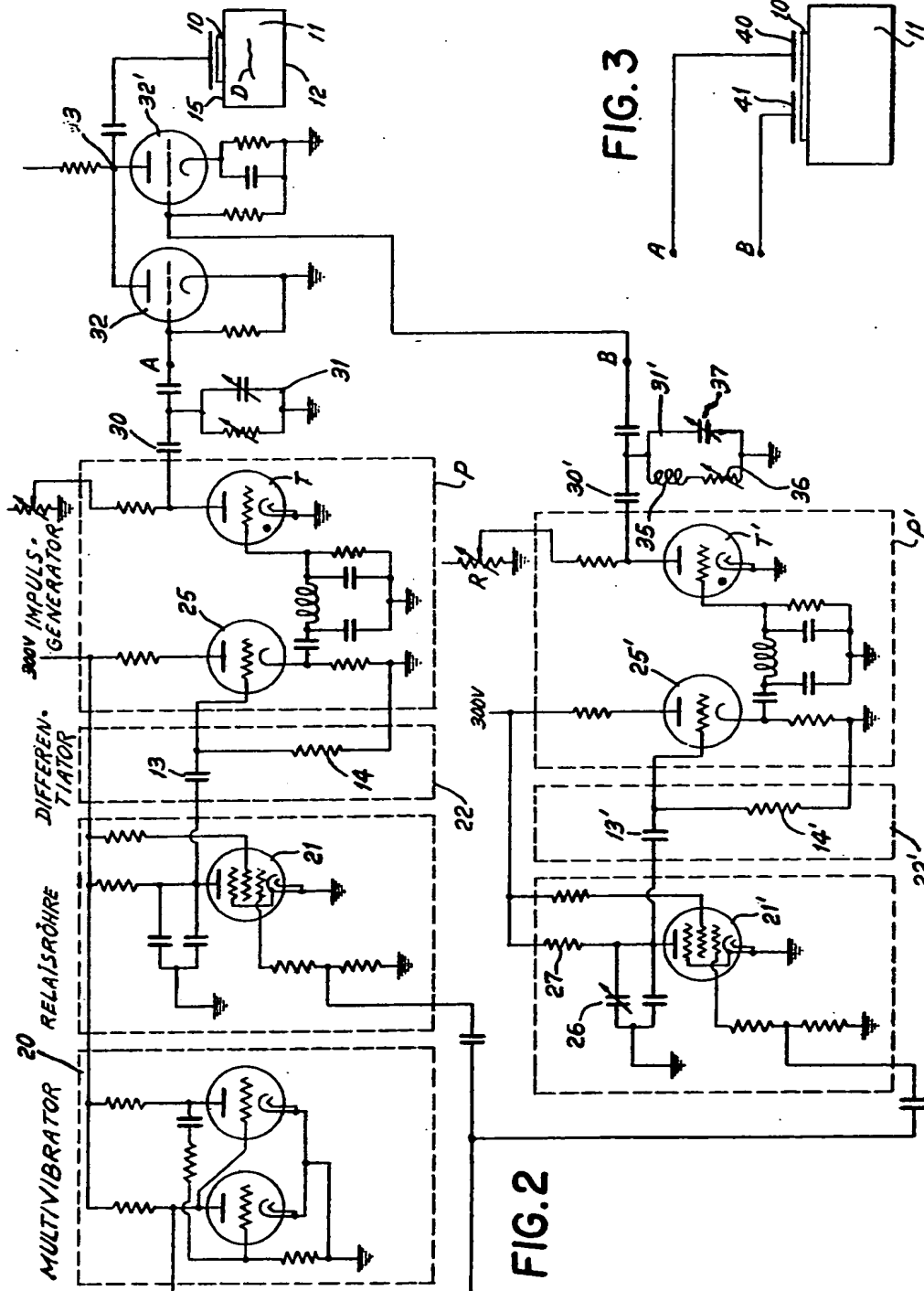


FIG. 1



BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**